

1807.1545

PATENT APPLICATION

#6
12/27/01
J

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of:)	
	:	Examiner: NYA
PHILIPPE LE BARS ET AL.)	
	:	Group Art Unit: 2681
Application No.: 09/805,176)	
	:	
Filed: March 14, 2001)	
	:	
For: METHOD AND DEVICE FOR)	
EVALUATING THE NOISE	:	
ASSOCIATED WITH TURBO-)	
CODÉS, AND SYSTEMS USING	:	
THEM)	June 28, 2001

Commissioner for Patents
Washington, D.C. 20231

CLAIM TO PRIORITY

Sir:

Applicants hereby claim priority under the International Convention and all rights to which they are entitled under 35 U.S.C. § 119 based upon the following French

Priority Application:

0004280 filed April 4, 2000.

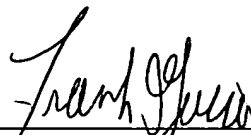
A certified copy of the priority document is enclosed.

Applicants' undersigned attorney may be reached in our New York office by

This Page Blank (uspto)

telephone at (212) 218-2100. All correspondence should continue to be directed to our address given below.

Respectfully submitted,



Attorney for Applicants

Registration No. 42,476

FITZPATRICK, CELLA, HARPER & SCINTO
30 Rockefeller Plaza
New York, New York 10112-3801
Facsimile: (212) 218-2200

NY_MAIN 180782v1

This Page Blank (uspto)

09/805,176
CAU 2681

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 15 MARS 2001

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04
Télécopie : 01 42 93 59 30
<http://www.inpi.fr>

This Page Blank (uspto)



Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 760899

REMISE DES PIÈCES DATE		RÉSERVÉ À L'INPI	
LIEU			
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		0004280	
DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI		- 4 AVR. 2000	
Vos références pour ce dossier <i>(facultatif)</i>		BIF022358/FR	
Confirmation d'un dépôt par télécopie		<input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie	
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date / /
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)		Procédé et dispositif d'évaluation du bruit associé aux turbocodes, et systèmes les mettant en œuvre.	
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		CANON KABUSHIKI KAISHA	
Prénoms			
Forme juridique		Société de droit japonais	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse		Rue	30-2, Shimomaruko 3-chome, Ohta-ku, Tokyo
		Code postal et ville	
Pays		JAPON	
Nationalité		JAPONAISE	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>			
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>			
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>			

REMISE DES PIÈCES DATE 4 AVRIL 2000 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI 0004280		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 260899
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		BIF022358/FR		
6 MANDATAIRE				
Nom				
Prénom				
Cabinet ou Société		RINUY, SANTARELLI		
N °de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel				
Adresse	Rue	14 AVENUE DE LA GRANDE ARMEE		
	Code postal et ville	750017	PARIS	
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01 40 55 43 43		
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>				
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>				
7 INVENTEUR (S)				
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance		Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non		
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence):</i>		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes				
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI		
Bruno QUANTIN N°92.1206 RINUY, SANTARELLI				

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		BIF022358/FR	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0004280	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
Procédé et dispositif d'évaluation du bruit associé aux turbocodes, et systèmes les mettant en œuvre			
LE(S) DEMANDEUR(S) :			
CANON KABUSHIKI KAISHA			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		LE BARS	
Prénoms		Philippe	
Adresse	Rue	La Grée d'Epron, EPRON	
	Code postal et ville	35410	NOUVOITOU, France
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		EHRMANN	
Prénoms		Frédérique	
Adresse	Rue	37, rue Pierre Vincent Varin de la Brunelière	
	Code postal et ville	35700	RENNES, France
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		THOUMY	
Prénoms		François	
Adresse	Rue	6 impasse du Lieu Verrier	
	Code postal et ville	35250	CHEVAIGNE, France
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Le 3 avril 2000 Bruno QUANTIN N°92.1206 RINUY, SANTARELLI	

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° .2 / .2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		BIF022358/FR	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0004280	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé et dispositif d'évaluation du bruit associé aux turbocodes, et systèmes les mettant en oeuvre			
LE(S) DEMANDEUR(S) : CANON KABUSHIKI KAISHA			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		LE SCOLAN	
Prénoms		Lionel	
Adresse	Rue	3 Résidence Les Glycines, Parc Oberthur A	
	Code postal et ville	35000	RENNES, France
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		ROUSSELIN	
Prénoms		Samuel	
Adresse	Rue	37, rue Saint Hélier	
	Code postal et ville	35000	RENNES, France
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)		Le 3 avril 2000 Bruno QUANTIN N°92.1206 RINUY, SANTARELLI	

5

10 La présente invention se rapporte à un procédé et à un dispositif d'évaluation du bruit associé aux turbocodes, et à des systèmes les mettant en œuvre.

Les turbocodes sont très intéressants dans des conditions de faibles rapports signal à bruit (RSB, en anglais SNR, "*Signal to Noise Ratio*"). On rappelle qu'un turbocodeur classique est constitué de deux codeurs convolutifs
15 récurrents systématiques (en anglais RSC, "*Recursive Systematic Convolutional*") et d'un entrelaceur, disposés comme le montre la **figure 1**. Le turbocodeur fournit en sortie trois suites d'éléments binaires (x, y1, y2), où x est la sortie dite systématique du turbocodeur, c'est-à-dire n'ayant subi aucun
20 traitement par rapport au signal d'entrée x, y1 est la sortie codée par le premier codeur RSC, et y2 est la sortie codée par le second codeur RSC après passage dans l'entrelaceur.

Pour plus de détails sur les turbocodes, on se reportera utilement à l'article de C. BERROU, A. GLAVIEUX et P. THITIMAJSHIMA intitulé "*Near
25 Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo-codes*", ICC '93, Genève.

La **figure 2** représente un exemple de turbodécodeur classique susceptible de décoder des données fournies par un turbocodeur tel que celui de la figure 1. Les entrées x', y1', y2' du turbodécodeur sont les sorties du
30 turbocodeur altérées par le canal de transmission et les processus d'émission et de réception. La structure d'un tel turbodécodeur est bien connue de l'homme du métier et ne sera donc pas décrite en détail ici.

Il nécessite en particulier deux décodeurs, désignés par "Décodeur 1" et "Décodeur 2" sur la figure 2, par exemple du type BCJR, c'est-à-dire utilisant l'algorithme de Bahl, Cocke, Jelinek et Raviv, ou du type SOVA (en anglais "*Soft Output Viterbi Algorithm*"). Les données fournies en entrée aux

5 décodeurs 1 et 2 prennent en compte le rapport signal sur bruit.

Un turbodécodeur classique nécessite également un rebouclage de la sortie du désentrelaceur π_2 sur l'entrée du premier décodeur, afin de transmettre l'information dite "extrinsèque" du second décodeur au premier décodeur.

10 On montre que le résultat du décodage dépend du bruit qui entache le canal de transmission ainsi que les processus d'émission et de réception.

Dans une étude théorique ou lors d'une simulation, le paramètre "bruit" est généralement une donnée du problème.

En revanche, dans une application au monde réel, le bruit est une

15 caractéristique liée au canal et peut varier d'une transmission de données à une autre, voire même au cours d'une même transmission de données. En fait, on ne peut connaître qu'une statistique approchée du bruit.

Dans le cas des turbocodes, le système de décodage peut travailler avec une estimation de bruit fortement incorrecte ; néanmoins, sa capacité à

20 corriger les erreurs qui ont été introduites par le bruit de canal sera amoindrie. Dans ce cas, le prix du codage, qui est la redondance des données, est élevé comparativement au gain en performance et rend le système inadéquat.

On connaît différentes techniques permettant de réaliser une évaluation statistique du bruit.

25 Par exemple, depuis l'apparition des modems de transmission de données, on connaît la possibilité d'utiliser la constellation du signal pour établir une statistique du bruit. Ainsi, lorsque des points transmis sont codés suivant une modulation NRZ (Non-Retour à Zéro), les symboles d'origine appartiennent à un ensemble $\{-1 ; +1\}$. On suppose que les symboles reçus ont subi une

30 addition de bruit blanc gaussien ; ils se répartissent donc suivant une distribution illustrée sur la **figure 3**.

On peut alors extraire une estimation du bruit, qui, dans le cas illustré sur la figure 3, correspond à l'écart-type des symboles reçus par rapport à une moyenne centrée sur la position des symboles émis. On notera que le centrage sur les symboles théoriques est une conséquence de l'usage d'un bruit blanc gaussien.

Lors d'une transmission réelle, l'hypothèse selon laquelle le bruit du canal est gaussien est une approximation. On peut cependant obtenir une estimation du bruit en accumulant les mesures des déviations de chaque symbole reçu par rapport au symbole théorique situé à la plus courte distance de ce symbole reçu, puis en divisant cette accumulation par le nombre total de symboles reçus. On applique ici un critère du maximum de vraisemblance, qui assimile un symbole reçu à son plus proche voisin. Ainsi, l'évaluation du bruit B sur une modulation, qu'elle soit rapportée sur le plan de Fresnel à une ou deux dimensions, s'effectue par l'opération suivante :

$$B = \frac{\sum_{i=1}^N \min_i [(\bullet - S_i)^2]}{N}$$

où i est un entier, N désigne le nombre de symboles par trame ou bloc, "min" désigne la plus petite distance euclidienne entre un symbole reçu et les points théoriques de la constellation, le signe • désigne les positions des symboles reçus et S_i désigne les positions des symboles théoriques.

Cette technique est connue notamment dans le domaine des modems, où elle est utilisée pour obtenir une négociation du débit binaire par symbole en fonction de l'état du canal.

Toutefois, cette solution présente l'inconvénient d'introduire une inexactitude, car le bruit subi par le symbole d'origine peut être tel que le symbole reçu se trouve à une distance plus faible d'un symbole théorique différent du symbole d'origine que du symbole d'origine lui-même.

On conçoit que l'estimation décrite dans cette solution est d'autant plus exacte que le rapport signal sur bruit est élevé. De même, plus le nombre de symboles sur lesquels on évalue le bruit est grand, plus la statistique est exacte.

Dans cette optique, l'invention vise à évaluer le bruit sur un estimateur de structure identique pour tous les symboles, qu'ils représentent la donnée systématique ou une quelconque des données de parité. L'invention propose en outre un mode d'évaluation du bruit adapté au turbodécodeur qui, bien qu'allant à l'encontre de l'exactitude de la statistique, permet d'améliorer les performances du décodeur.

Ainsi, la présente invention propose un procédé d'évaluation du bruit lié à des flots de données issus d'un turbocodeur comportant au moins un premier et un deuxième codeurs, ces flots de données étant destinés à un turbodécodeur comportant au moins un premier et un deuxième décodeurs élémentaires, suivant lequel :

- on effectue une opération d'estimation du bruit, consistant à déterminer une estimée du bruit lié à la sortie systématique du turbocodeur, une estimée du bruit lié au flot de données issu du premier codeur et une estimée du bruit lié au flot de données issu du deuxième codeur ;

ce procédé étant remarquable en ce qu'il comporte en outre des étapes suivant lesquelles :

- on effectue au moins une première et une deuxième opérations d'addition, la première opération d'addition consistant à additionner l'estimée du bruit lié à la sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu du premier codeur, et la deuxième opération d'addition consistant à additionner l'estimée du bruit lié à la sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu du deuxième codeur ;

- on effectue au moins deux opérations de division, consistant à diviser par 2 le résultat de la première opération d'addition et le résultat de la deuxième opération d'addition ; et

- on effectue au moins deux opérations d'inversion, consistant à déterminer l'inverse du résultat de chacune des divisions par 2, de façon à obtenir des premier et deuxième facteurs de bruit ;

les facteurs de bruit étant alors utilisés pour multiplier les flots de données destinés respectivement aux premier et deuxième décodeurs élémentaires.

La présente invention permet ainsi d'établir une statistique du bruit adaptée à la structure du turbodécodeur, ce qui permet d'améliorer les performances en termes de taux d'erreur binaire (BER, en anglais "*Bit Error Rate*").

5 L'invention peut être mise en œuvre tant sur des processeurs de traitement du signal que sur des FPGA (en anglais "*Field Programmable Gate Array*"), c'est-à-dire par l'intermédiaire de logique câblée ou programmée.

Selon une caractéristique particulière, les facteurs de bruit sont utilisés lors des opérations de multiplication suivantes :

- 10 - une première opération de multiplication consistant à multiplier le flot de données issu du premier codeur par le premier facteur de bruit,
- une deuxième opération de multiplication consistant à multiplier le flot de données issu de la sortie systématique et destiné au premier décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par le premier facteur de bruit,
- 15 - une troisième opération de multiplication consistant à multiplier le flot de données issu du deuxième codeur par le deuxième facteur de bruit, et
- une quatrième opération de multiplication consistant à multiplier le flot de données issu de la sortie systématique et destiné au deuxième décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par le deuxième facteur de bruit.

20 Selon une caractéristique particulière, lors de l'opération d'estimation du bruit, on détermine la moyenne glissante de la somme des distances euclidiennes de chaque symbole bruité reçu au symbole théorique le plus proche, respectivement pour chaque symbole du flot de données issu de la sortie systématique, pour chaque symbole du flot de données issu du premier
25 codeur et pour chaque symbole du flot de données issu du deuxième codeur.

Cette caractéristique permet d'améliorer les performances de décodage du turbodécodeur par l'utilisation d'une évaluation du bruit issue d'une mesure statistique de la déviation des symboles reçus au cours d'une transmission par rapport aux symboles théoriques, sur la base d'une décision
30 au maximum de vraisemblance.

Elle constitue un moyen peu coûteux d'évaluer le bruit, facile à mettre en œuvre sur des circuits de logique câblée ou programmée, ou dans le

courant d'un programme de calcul sur un dispositif de traitement du signal numérique (DSP, en anglais "*Digital Signal Processor*") ou un microprocesseur.

Selon une caractéristique particulière, pour déterminer la moyenne glissante mentionnée ci-dessus, on effectue une opération de comparaison, consistant à déterminer à quelle région de Voronoï chaque symbole bruité reçu appartient.

On pourrait, en variante, calculer les distances euclidiennes entre le symbole reçu et chacun des points théoriques, puis choisir la plus petite des distances. Cependant, le calcul des distances euclidiennes implique le calcul d'une quantité au carré, ainsi que des soustractions. La caractéristique particulière précédente a pour avantage que les régions de Voronoï se définissent facilement et l'opération de comparaison permet de diminuer le nombre d'opérations à effectuer.

Selon une caractéristique particulière, le procédé de l'invention comporte en outre une étape suivant laquelle :

- on effectue une opération d'application de retards, consistant à appliquer un retard aux flots de données issus de la sortie systématique et des premier et deuxième codeurs, préalablement aux opérations de multiplication.

Cette caractéristique permet de terminer l'estimation du bruit avant de commencer le décodage proprement dit.

Selon une caractéristique particulière, les premier et deuxième codeurs sont des codeurs convolutifs récurrents systématiques.

Dans le même but que celui indiqué plus haut, la présente invention propose également un dispositif d'évaluation du bruit lié à des flots de données issus d'un turbocodeur comportant au moins un premier et un deuxième codeurs, ces flots de données étant destinés à un turbodécodeur comportant au moins un premier et un deuxième décodeurs élémentaires, ce dispositif comportant :

- un module d'estimation du bruit, pour déterminer une estimée du bruit lié à la sortie systématique du turbocodeur, une estimée du bruit lié au flot de données issu du premier codeur et une estimée du bruit lié au flot de données issu du deuxième codeur ;

ce dispositif étant remarquable en ce qu'il comporte en outre :

- au moins un premier et un deuxième modules d'addition, le premier module d'addition additionnant l'estimée du bruit lié à la sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu du premier codeur, et le deuxième module d'addition additionnant l'estimée du bruit lié à la sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu du deuxième codeur ;
- au moins deux modules de division, pour diviser par 2 le résultat fourni par le premier module d'addition et le résultat fourni par le deuxième module d'addition ;
- au moins deux modules d'inversion, pour déterminer l'inverse du résultat de chacune des divisions par 2, de façon à obtenir des premier et deuxième facteurs de bruit ; et
- des modules de multiplication, utilisant les facteurs de bruit pour multiplier les flots de données destinés respectivement aux premier et deuxième décodeurs élémentaires.

La présente invention vise aussi un appareil de traitement de signaux numériques, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé tel que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un appareil de traitement de signaux numériques, comportant un dispositif tel que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un réseau de télécommunications, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé tel que ci-dessus.

La présente invention vise aussi un réseau de télécommunications, comportant un dispositif tel que ci-dessus.

La présente invention vise aussi une station mobile dans un réseau de télécommunications, comportant des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé tel que ci-dessus.

La présente invention vise aussi une station mobile dans un réseau de télécommunications, comportant un dispositif tel que ci-dessus.

L'invention vise aussi :

- un moyen de stockage d'informations lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique, permettant la mise en œuvre d'un procédé tel que ci-dessus, et

5 - un moyen de stockage d'informations amovible, partiellement ou totalement, lisible par un ordinateur ou un microprocesseur conservant des instructions d'un programme informatique, permettant la mise en œuvre d'un procédé tel que ci-dessus.

L'invention vise aussi un programme d'ordinateur comportant des séquences d'instructions pour mettre en œuvre un procédé tel que ci-dessus.

10 Les caractéristiques particulières et avantages du dispositif d'évaluation du bruit, des différents appareils de traitement de signaux numériques, des différents réseaux de télécommunications, des différentes stations mobiles, des moyens de stockage d'informations et du programme d'ordinateur étant similaires à ceux du procédé d'évaluation du bruit selon
15 l'invention, ces caractéristiques particulières et avantages ne sont pas rappelés ici.

D'autres aspects et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description détaillée qui suit de modes particuliers de réalisation, donnés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins qui
20 l'accompagnent, dans lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, représente de façon schématique la structure d'un turbocodeur classique ;

- la figure 2, déjà décrite, représente de façon schématique la structure d'un turbodécodeur classique ;

25 - la figure 3, déjà décrite, illustre de façon schématique la distribution des symboles reçus ayant subi une addition de bruit blanc gaussien, les symboles émis étant codés en NRZ (Non-Retour à Zéro) ;

- la figure 4 représente de façon schématique un dispositif d'évaluation du bruit dans un premier mode de réalisation ;

30 - la figure 5 représente de façon schématique un dispositif d'évaluation du bruit conforme à la présente invention, dans un autre mode de réalisation, adapté à la structure du turbocodeur ;

- la figure 6 est un organigramme illustrant les principales étapes du procédé d'évaluation du bruit conforme à l'invention, dans un mode particulier de réalisation ;

5 - la figure 7 représente de façon schématique un module d'estimation du bruit mis en œuvre par le dispositif d'évaluation de bruit de la présente invention, dans un mode particulier de réalisation ;

- la figure 8 est une vue schématique simplifiée d'un réseau de télécommunications sans fil, par exemple du type conforme à la norme Hyperlan II ou UMTS-3GPP, susceptible de mettre en œuvre l'invention ;

10 - la figure 9 est une représentation schématique d'une station périphérique d'un réseau tel que celui de la figure 8, utilisée pour l'émission et susceptible de mettre en œuvre l'invention ; et

15 - la figure 10 est une représentation schématique d'une station périphérique d'un réseau tel que celui de la figure 8, utilisée pour la réception et susceptible de mettre en œuvre l'invention.

Dans l'application de l'évaluation du bruit aux turbocodes, on peut appliquer l'art antérieur décrit en introduction à la construction d'un décodeur incluant un dispositif d'évaluation du bruit tel que celui illustré sur la **figure 4**.

20 Ce dispositif d'évaluation du bruit comporte un module d'estimation du bruit lié à la sortie systématique X_k^s du turbocodeur (la notation "+ BBAG" désignant le bruit blanc additif gaussien entachant les données), un module 21 d'estimation du bruit lié au flot de données X_k^{1p} issu du premier codeur convolutif récursif systématique compris dans le turbocodeur et un module 25 d'estimation du bruit lié au flot de données X_k^{2p} issu du second codeur convolutif récursif systématique compris dans le turbocodeur. De tels modules d'estimation de bruit sont détaillés plus loin en liaison avec la figure 7. Les symboles issus des trois sorties du turbocodeur se présentant par blocs, les modules d'estimation de bruit 23, 21 et 25 fournissent une estimation du bruit sur la longueur de chaque bloc.

30 Des modules 22, 20 et 24 d'application de retards sont par ailleurs prévus en parallèle aux modules d'estimation de bruit 23, 21 et 25, sur chacune des trois sorties du turbocodeur. Les modules 22, 20 et 24 permettent de

connaître le résultat de l'estimation du bruit sur chaque sortie avant d'appliquer un facteur multiplicatif, prenant en compte ce bruit, au premier symbole issu de chaque sortie et destiné au turbodécodeur.

Un additionneur 26 additionne le résultat des trois estimations de bruit fournies par les modules 23, 21 et 25 et un module 27 divise la somme obtenue par 3 puis calcule l'inverse du résultat de cette division.

Le module 27 fournit ainsi un facteur normalisateur, qui est appliqué par multiplication, d'une part, au flot de données de première parité, c'est-à-dire issu du premier codeur, au moyen d'un multiplieur 28, d'autre part, au flot de données systématiques, au moyen d'un multiplieur 29, et enfin, au flot de données de seconde parité, c'est-à-dire issu du second codeur, au moyen d'un multiplieur 30.

Les éléments 31 à 35 forment un turbodécodeur classique similaire à celui de la figure 2, comportant des entrelaceurs 33 et 34, un désentrelaceur 32 et deux décodeurs élémentaires 31 et 35 appliquant par exemple l'algorithme BCJR comme rappelé en introduction.

La **figure 5** illustre un mode de réalisation préféré du dispositif d'évaluation du bruit selon l'invention, plus conforme que le précédent à la structure du turbodécodeur et permettant d'obtenir de meilleures performances.

Dans ce mode de réalisation, on n'additionne pas les trois estimations de bruit ensemble, mais deux à deux.

Le dispositif d'évaluation du bruit de la figure 5 comporte, de même que dans le mode de réalisation décrit précédemment, un module 42 d'estimation du bruit lié à la sortie systématique bruitée $X_k^s + \text{BBAG}$ du turbocodeur, un module 41 d'estimation du bruit lié au flot de données bruitées issu du premier codeur convolutif récursif systématique $X_k^{1p} + \text{BBAG}$ et un module 44 d'estimation du bruit lié au flot de données bruitées issu du second codeur convolutif récursif systématique $X_k^{2p} + \text{BBAG}$.

Le dispositif d'évaluation du bruit comporte également, de même que dans le mode de réalisation précédent, trois modules 39, 40 et 43 d'application de retards, disposés respectivement en parallèle aux modules 42, 41 et 44 d'estimation de bruit.

En revanche, à la différence du mode de réalisation précédent, le dispositif d'évaluation du bruit de la figure 5 comporte, non pas un, mais deux additionneurs 45 et 46, disposés comme suit : l'additionneur 45 additionne les résultats de l'estimation des bruits subis par le flot de données systématique et le flot de données de première parité, tandis que l'additionneur 46 additionne les résultats de l'estimation des bruits subis par le flot de données systématique et le flot de données de seconde parité.

Un module 47 effectue la division par 2, puis l'inversion du résultat fourni par l'additionneur 45, de façon à fournir en sortie un premier facteur de normalisation ou premier facteur de bruit. De même, un module 48 effectue la division par 2, puis l'inversion du résultat fourni par l'additionneur 46, de façon à fournir en sortie un deuxième facteur de normalisation ou deuxième facteur de bruit.

Le premier facteur de bruit est appliqué par multiplication au flot de données de première parité, au moyen d'un multiplieur 50 et au flot de données systématique destiné au premier décodeur élémentaire 53 du turbodécodeur, au moyen d'un multiplieur 49.

De façon analogue, le deuxième facteur de bruit est appliqué par multiplication au flot de données de seconde parité, au moyen d'un multiplieur 52 et au flot de données systématique destiné au second décodeur élémentaire 57 du turbodécodeur, au moyen d'un multiplieur 51.

De même que dans le mode de réalisation précédent, les éléments 53 à 57 forment un turbodécodeur classique similaire à celui de la figure 2, comportant des entrelaceurs 55 et 56, un désentrelaceur 54 et deux décodeurs élémentaires 53 et 57 appliquant par exemple l'algorithme BCJR comme rappelé en introduction. En particulier, le premier décodeur élémentaire 53 applique un décodage suivant le treillis utilisé dans le premier codeur convolutif récursif systématique du turbocodeur, et le second décodeur élémentaire 57 applique un décodage suivant le treillis utilisé dans le second codeur convolutif récursif systématique du turbocodeur.

Ce mode de réalisation, adapté à la structure du turbocodeur, permet d'obtenir une amélioration de plus de 7% des performances en termes de taux d'erreur binaire par rapport au rapport signal sur bruit.

5 La **figure 7** représente de façon schématique un module d'estimation du bruit tel que les modules 21, 23 et 25 de la figure 4 et les modules 41, 42 et 44 de la figure 5, dans un mode particulier de réalisation.

L'estimateur de bruit considéré ici s'applique à des symboles NRZ, c'est-à-dire appartenant à l'ensemble $\{-1 ; +1\}$. Toutefois, il s'agit d'un exemple non limitatif et on pourrait aussi bien considérer des symboles de constellation à
10 deux dimensions.

Il comporte un module discriminateur 5 et un module 82 de calcul d'une moyenne glissante.

Le module discriminateur 5 reçoit en entrée un symbole bruité S et le compare à 0 (voir les chiffres de référence 10 et 13 sur la figure 7) pour
15 déterminer à quelle région de Voronoï il appartient.

On rappelle que les régions de Voronoï d'une constellation sont des plans délimités par les axes de symétrie de la constellation, et qu'elles définissent les régions de décision pour la réception : on estime un point reçu par le point de la constellation le plus proche, par exemple au sens de la distance euclidienne, ce qui revient à estimer par un point donné de la constellation tous les points reçus qui sont dans la même région de Voronoï que ce point de la constellation. En modulation NRZ, les régions de Voronoï sont deux demi-droites limitées par le point 0.
20

Si le résultat de la comparaison 10 est faux, la variable e_1 désignant
25 la distance euclidienne est nulle (référence 11). Sinon, le discriminateur 5 calcule cette distance euclidienne au carré $e_1 = (S-1)^2$ correspondant au critère du maximum de vraisemblance (référence 12).

De même, le discriminateur 5 comporte des moyens adaptés à comparer le symbole bruité reçu à 0 pour déterminer s'il appartient à l'autre
30 région de Voronoï (référence 13). Si le résultat de cette comparaison est faux, la variable e_2 désignant la distance euclidienne est nulle (référence 15). Sinon,

le discriminateur 5 calcule cette distance euclidienne au carré $e_2 = (S+1)^2$ correspondant au critère du maximum de vraisemblance (référence 14).

Le processus d'énumération des régions de Voronoï qui vient d'être décrit peut être facilement étendu à des modes de modulation différents de la modulation NRZ.

Un additionneur 16 additionne les résultats correspondant aux différentes régions de Voronoï, ce qui permet d'obtenir la distance euclidienne du symbole reçu au point théorique le plus proche.

Ensuite, le module 82 calcule la moyenne glissante de la somme de ces distances euclidiennes. Pour cela, un amplificateur 84 applique un gain de $1/N$ au résultat issu du discriminateur 5, N étant le nombre de données dans chaque bloc traité par l'estimateur de bruit.

Le résultat obtenu est mémorisé au moyen d'un module 86 qui applique un retard correspondant à la durée entre deux données successives, puis ce résultat est amplifié par un amplificateur 88 qui applique un gain de $(N-1)/N$.

Un additionneur 90 additionne les résultats issus des amplificateurs 84 et 88.

L'organigramme de la **figure 6** illustre les étapes du procédé d'évaluation du bruit conforme à l'invention, dans un mode particulier de réalisation.

On effectue tout d'abord une opération 70 d'estimation du bruit, au cours de laquelle on détermine une estimée du bruit lié à chaque sortie du turbocodeur, à savoir, la sortie systématique, la sortie de première parité et la sortie de seconde parité dans le cas d'un turbocodeur à deux parités. Cette opération peut être effectuée au moyen de trois estimateurs de bruit tels que celui qui vient d'être décrit en liaison avec la figure 7.

Puis, lors d'une étape 70, on effectue des additions deux à deux des estimations du bruit : on additionne l'estimée du bruit lié à la sortie systématique du turbocodeur et l'estimée du bruit lié au flot de données issu du premier codeur convolutif récursif systématique compris dans le turbocodeur, et on additionne l'estimée du bruit lié à la sortie systématique du turbocodeur et

l'estimée du bruit lié au flot de données issu du second codeur convolutif récuratif systématique compris dans le turbocodeur.

Ensuite, lors d'une étape 74, on divise par 2 le résultat de chacune des additions effectuées à l'étape 72.

5 L'étape suivante 76 consiste à inverser le résultat de chacune des divisions précédentes, de façon à déterminer un premier et un deuxième facteurs normalisateurs ou facteurs de bruit. Cette étape 76 peut former avec l'étape 74 une seule et même étape.

10 Puis une étape 78 consiste à appliquer les facteurs de bruit aux différents flots de données avant entrée dans le turbodécodeur :

- une première opération de multiplication consiste à multiplier le flot de données issu du premier codeur par le premier facteur de bruit, calculé à partir des sorties systématique et de première parité ;

15 - une deuxième opération de multiplication consiste à multiplier le flot de données issu de la sortie systématique et destiné au premier décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par le premier facteur de bruit ;

- une troisième opération de multiplication consiste à multiplier le flot de données issu du deuxième codeur par le deuxième facteur de bruit, calculé à partir des sorties systématique et de seconde parité ; et

20 - une quatrième opération de multiplication consiste à multiplier le flot de données issu de la sortie systématique et destiné au deuxième décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par le deuxième facteur de bruit.

25 En parallèle à l'opération 70 d'estimation du bruit, le procédé d'évaluation du bruit comporte une opération 80 d'application de retards, consistant à appliquer un retard aux flots de données issus des trois sorties du turbocodeur, préalablement aux opérations de multiplication de l'étape 78 ; cela permet de terminer le calcul des estimées du bruit avant de prendre celles-ci en compte pour le turbodécodage.

30 Comme le montre la **figure 8**, un réseau selon l'invention est constitué d'une station dite station de base SB désignée par la référence 64, et de plusieurs stations périphériques SPI , $i = 1, \dots, M$, M étant un entier supérieur ou égal à 1, respectivement désignées par les références 66₁, 66₂, ..., 66_M. Les

stations périphériques $66_1, 66_2, \dots, 66_M$ sont éloignées de la station de base SB, reliées chacune par une liaison radio avec la station de base SB et susceptibles de se déplacer par rapport à cette dernière.

5 Le schéma bloc de la **figure 9** représente une vue plus détaillée d'une station périphérique SP_i , $i = 1, \dots, M$ selon l'invention qui comprend une source de données 200 et un dispositif d'émission 220.

La station périphérique SP_i comporte par exemple une caméra numérique, un ordinateur, une imprimante, un serveur, un télécopieur, un scanner ou un appareil photographique numérique.

10 Le dispositif d'émission 220 comprend une unité de traitement de données 240 comprenant une unité de calcul CPU (en anglais "*Central Processing Unit*") 260, un moyen de stockage temporaire des données 280 (mémoire RAM), un moyen de stockage de données 300 (mémoire ROM), des moyens de saisie de caractères 320, tels qu'un clavier par exemple, des
15 moyens de restitution d'image 340 tels qu'un écran par exemple, et des moyens d'entrée/sortie 360.

La RAM 280 contient, dans différents registres :

- des données d'entrée "*data1_in*", provenant de la source de données 200 ;
- 20 - des données de sortie "*data1_out*", obtenues à l'issue du déroulement du procédé d'évaluation du bruit de l'invention ; et
- les éléments courants des suites de bits x, y_1, y_2 provenant du turbocodeur.

La station périphérique SP_i comprend également un bloc d'émission
25 380 et un module radio 400 comportant un émetteur connu avec un ou plusieurs modulateurs, des filtres et une antenne radio (non représentés).

Le dispositif d'émission 220, grâce au programme "*Program*", stocké en ROM 300 et dont la séquence d'instructions correspond aux étapes du procédé d'évaluation du bruit de l'invention, est apte à exécuter les étapes du
30 procédé d'évaluation du bruit illustrées en figure 6.

La station périphérique SP_i selon l'invention comprend par ailleurs, comme le montre la **figure 10**, un dispositif de réception 700 qui est constitué

d'une unité de traitement de données correspondant à l'unité de traitement de données 240 déjà décrite en référence à la figure 9, d'un bloc de réception 720 et du module radio 400 avec son antenne tel que représenté en figure 9.

5 Dans le dispositif de réception 700, la RAM 280 contient, dans différents registres :

- des données d'entrée "*data2_in*", provenant du turbocodeur, après passage dans un canal de transmission ;

- des données de sortie $\hat{x}, \hat{y}_1, \hat{y}_2$, obtenues à l'issue du déroulement du procédé d'évaluation du bruit de l'invention ; et

10 - les données "*data2_out*" obtenues après décodage.

Le dispositif de réception 700, grâce au programme "*Program*" stocké en ROM 300 et dont la séquence d'instructions correspond aux étapes du procédé d'évaluation du bruit de l'invention, est apte à exécuter les étapes du procédé d'évaluation du bruit illustrées en figure 6.

15 Le décodeur peut être réalisé de façon câblée et placé dans le dispositif de réception en amont du bloc de réception 720 et en amont de l'unité de traitement de données 240.

La présente invention, bien que décrite précédemment dans son application à un système de turbocode à deux parités, s'applique tout aussi
20 bien à des systèmes de turbocodes à plus de deux parités.

L'invention s'applique aisément aux systèmes utilisant des modulations d'amplitude en quadrature (MAQ), à l'exception de la modulation où le symbole MAQ est utilisé pour transporter conjointement le symbole systématique et tous les symboles de parité, puisque dans ce cas, les
25 statistiques de bruit donnent le même résultat sur toutes les sorties.

L'invention s'applique aussi aisément aux systèmes mettant en œuvre un multiplexage à division de fréquences orthogonales ou OFDM (en anglais "*Orthogonal Frequency Division Multiplex*").

L'invention est indépendante du type de modulation utilisé.

REVENDEICATIONS

1. Procédé d'évaluation du bruit lié à des flots de données issus d'un turbocodeur comportant au moins un premier et un deuxième codeurs, lesdits
5 flots de données étant destinés à un turbodécodeur comportant au moins un premier et un deuxième décodeurs élémentaires, suivant lequel :

- on effectue une opération d'estimation du bruit (70), consistant à déterminer une estimée du bruit lié à la sortie systématique du turbocodeur, une estimée du bruit lié au flot de données issu du premier codeur et une estimée
10 du bruit lié au flot de données issu du deuxième codeur ;

ledit procédé étant caractérisé en ce qu'il comporte en outre des étapes suivant lesquelles :

- on effectue au moins une première et une deuxième opérations d'addition (72), ladite première opération d'addition consistant à additionner
15 l'estimée du bruit lié à ladite sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu dudit premier codeur, et ladite deuxième opération d'addition consistant à additionner l'estimée du bruit lié à ladite sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu dudit deuxième codeur ;

- on effectue au moins deux opérations de division (74), consistant à
20 diviser par 2 le résultat de la première opération d'addition et le résultat de la deuxième opération d'addition ; et

- on effectue au moins deux opérations d'inversion (76), consistant à déterminer l'inverse du résultat de chacune desdites divisions par 2, de façon à obtenir des premier et deuxième facteurs de bruit ;

25 lesdits facteurs de bruit étant alors utilisés pour multiplier les flots de données destinés respectivement auxdits premier et deuxième décodeurs élémentaires.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdits facteurs de bruit sont utilisés lors des opérations de multiplication (78)
suivantes :

30 - une première opération de multiplication, consistant à multiplier le flot de données issu du premier codeur par ledit premier facteur de bruit,

- une deuxième opération de multiplication, consistant à multiplier le flot de données issu de ladite sortie systématique et destiné au premier décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par ledit premier facteur de bruit,

5 - une troisième opération de multiplication, consistant à multiplier le flot de données issu du deuxième codeur par ledit deuxième facteur de bruit, et

- une quatrième opération de multiplication, consistant à multiplier le flot de données issu de ladite sortie systématique et destiné au deuxième décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par ledit deuxième

10 facteur de bruit.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que lors de l'opération d'estimation du bruit (70), on détermine la moyenne glissante de la somme des distances euclidiennes de chaque symbole bruité reçu au symbole théorique le plus proche, respectivement pour chaque symbole du flot de données issu de la sortie systématique, pour chaque symbole du flot de données issu du premier codeur et pour chaque symbole du flot de données issu du deuxième codeur.

4. Procédé selon la revendication 3, caractérisé en ce que, pour déterminer ladite moyenne glissante, on effectue une opération de comparaison, consistant à déterminer à quelle région de Voronoï chaque symbole bruité reçu appartient.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une étape suivant laquelle :

25 - on effectue une opération d'application de retards (80), consistant à appliquer un retard aux flots de données issus de la sortie systématique et des premier et deuxième codeurs, préalablement aux opérations de multiplication (78).

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que lesdits premier et deuxième codeurs sont des codeurs convolutifs récurrents systématiques.

7. Dispositif d'évaluation du bruit lié à des flots de données issus d'un turbocodeur comportant au moins un premier et un deuxième codeurs, lesdits

flots de données étant destinés à un turbodécodeur comportant au moins un premier et un deuxième décodeurs élémentaires, ledit dispositif comportant :

- des moyens d'estimation du bruit (41, 42, 44), pour déterminer une estimée du bruit lié à la sortie systématique du turbocodeur, une estimée du bruit lié au flot de données issu du premier codeur et une estimée du bruit lié au
5 flot de données issu du deuxième codeur ;

ledit dispositif étant caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- au moins des premiers et des deuxièmes moyens d'addition (45, 46), lesdits premiers moyens d'addition (45) additionnant l'estimée du bruit lié à
10 ladite sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu dudit premier codeur, et lesdits deuxièmes moyens d'addition (46) additionnant l'estimée du bruit lié à ladite sortie systématique et l'estimée du bruit lié au flot de données issu dudit deuxième codeur ;

- au moins deux moyens de division (47, 48), pour diviser par 2 le
15 résultat fourni par les premiers moyens d'addition (45) et le résultat fourni par les deuxièmes moyens d'addition (46) ;

- au moins deux moyens d'inversion (47, 48), pour déterminer l'inverse du résultat de chacune desdites divisions par 2, de façon à obtenir des premier et deuxième facteurs de bruit ; et

- des moyens de multiplication (49, 50, 51, 52), utilisant lesdits
20 facteurs de bruit pour multiplier les flots de données destinés respectivement auxdits premier et deuxième décodeurs élémentaires.

8. Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que lesdits moyens de multiplication (49, 50, 51, 52) comportent :

- un premier moyen de multiplication (50) multipliant le flot de
25 données issu du premier codeur par ledit premier facteur de bruit,

- un deuxième moyen de multiplication (49) multipliant le flot de données issu de ladite sortie systématique et destiné au premier décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par ledit premier facteur de bruit,

- un troisième moyen de multiplication (52) multipliant le flot de
30 données issu du deuxième codeur par ledit deuxième facteur de bruit, et

- un quatrième moyen de multiplication (51) multipliant le flot de données issu de ladite sortie systématique et destiné au deuxième décodeur élémentaire compris dans le turbodécodeur par ledit deuxième facteur de bruit.

5 9. Dispositif selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que lesdits moyens d'estimation du bruit (41, 42, 44) comportent des moyens (5, 82) pour déterminer la moyenne glissante de la somme des distances euclidiennes de chaque symbole bruité reçu au symbole théorique le plus proche, respectivement pour chaque symbole du flot de données issu de la sortie systématique, pour chaque symbole du flot de données issu du premier codeur
10 et pour chaque symbole du flot de données issu du deuxième codeur.

10. Dispositif selon la revendication 9, caractérisé en ce que lesdits moyens (5, 82) pour déterminer ladite moyenne glissante comportent des moyens de comparaison (10, 13), pour déterminer à quelle région de Voronoï chaque symbole bruité reçu appartient.

15 11. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 10, caractérisé en ce qu'il comporte en outre :

- des moyens d'application de retards (40, 39, 43), pour appliquer un retard aux flots de données issus de la sortie systématique et des premier et deuxième codeurs, lesdits moyens d'application de retards (40, 39, 43) étant
20 disposés en amont des moyens de multiplication (50, 49, 52, 51).

12. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 11, caractérisé en ce que lesdits premier et deuxième codeurs sont des codeurs convolutifs récursifs systématiques.

25 13. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

14. Appareil de traitement de signaux numériques, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 12.

30 15. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

16. Réseau de télécommunications, caractérisé en ce qu'il comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 12.

5 17. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens adaptés à mettre en œuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

18. Station mobile dans un réseau de télécommunications, caractérisée en ce qu'elle comporte un dispositif selon l'une quelconque des revendications 7 à 12.

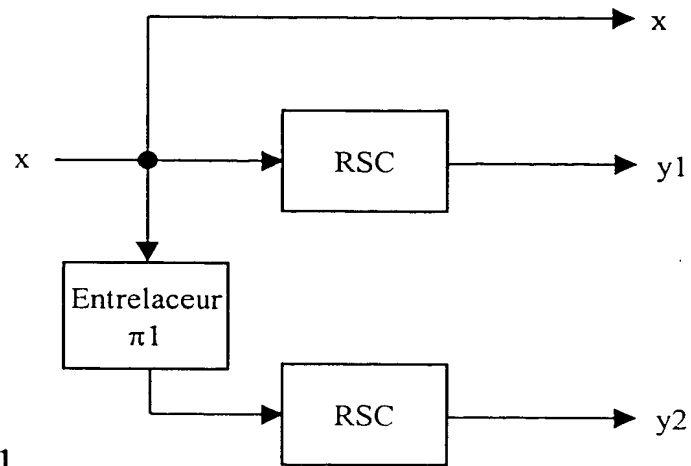


FIG. 1

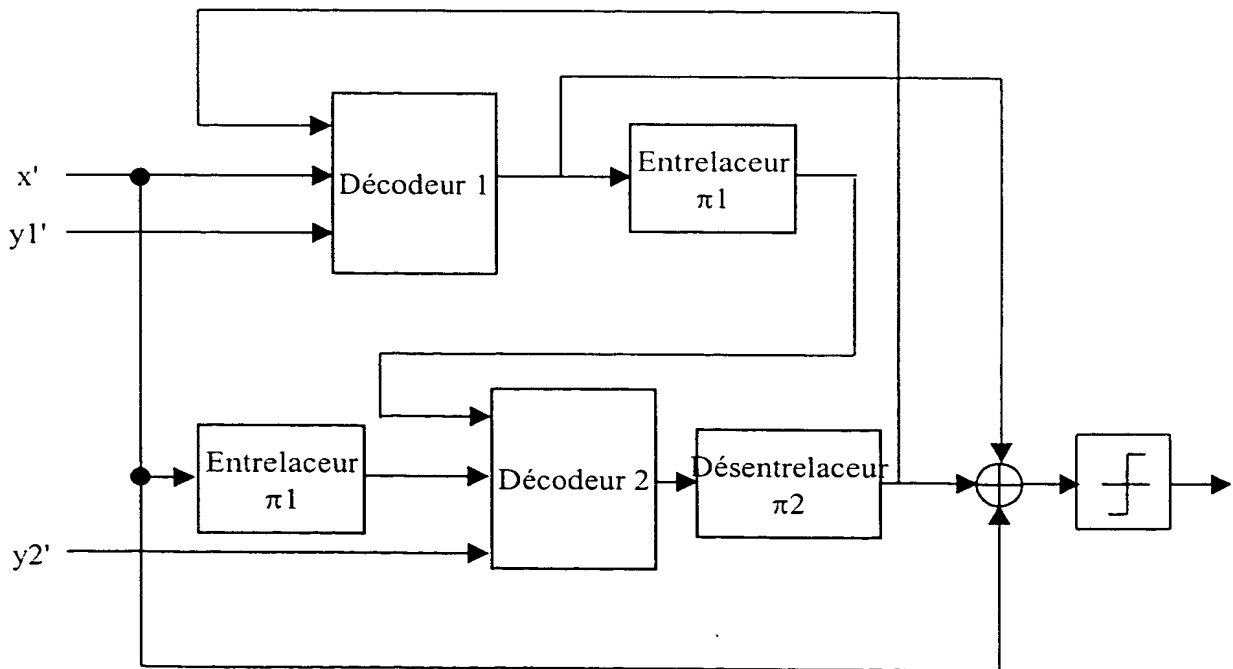


FIG. 2

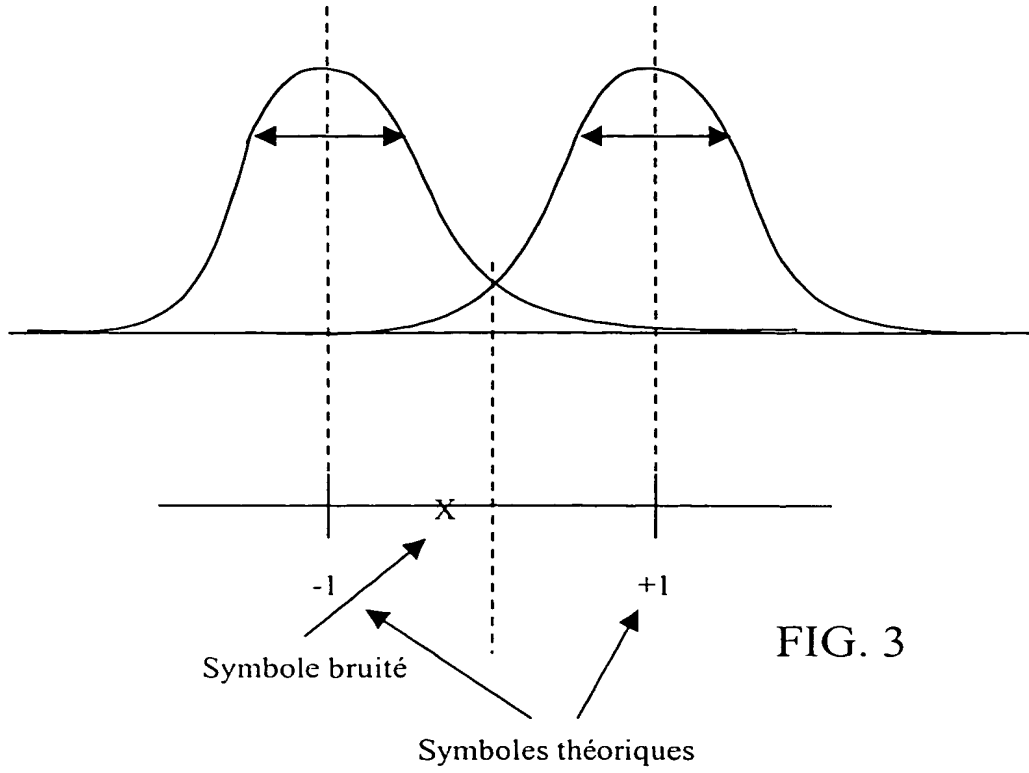


FIG. 3

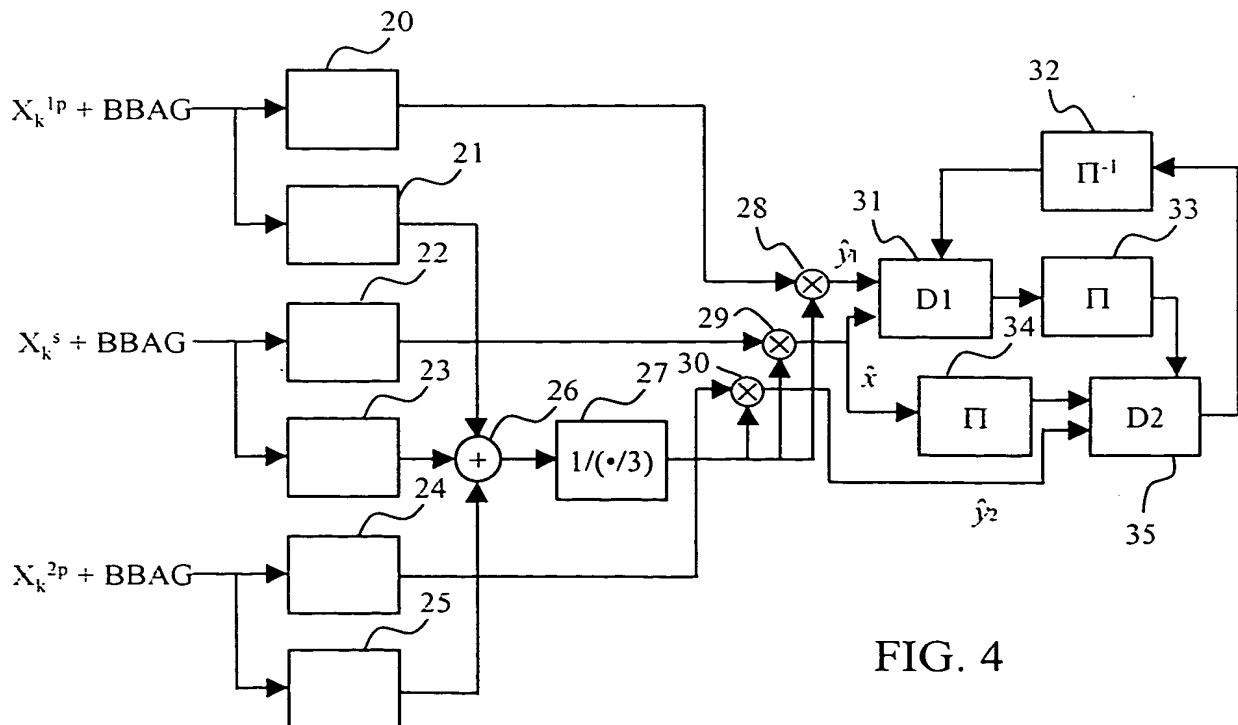


FIG. 4

3/5

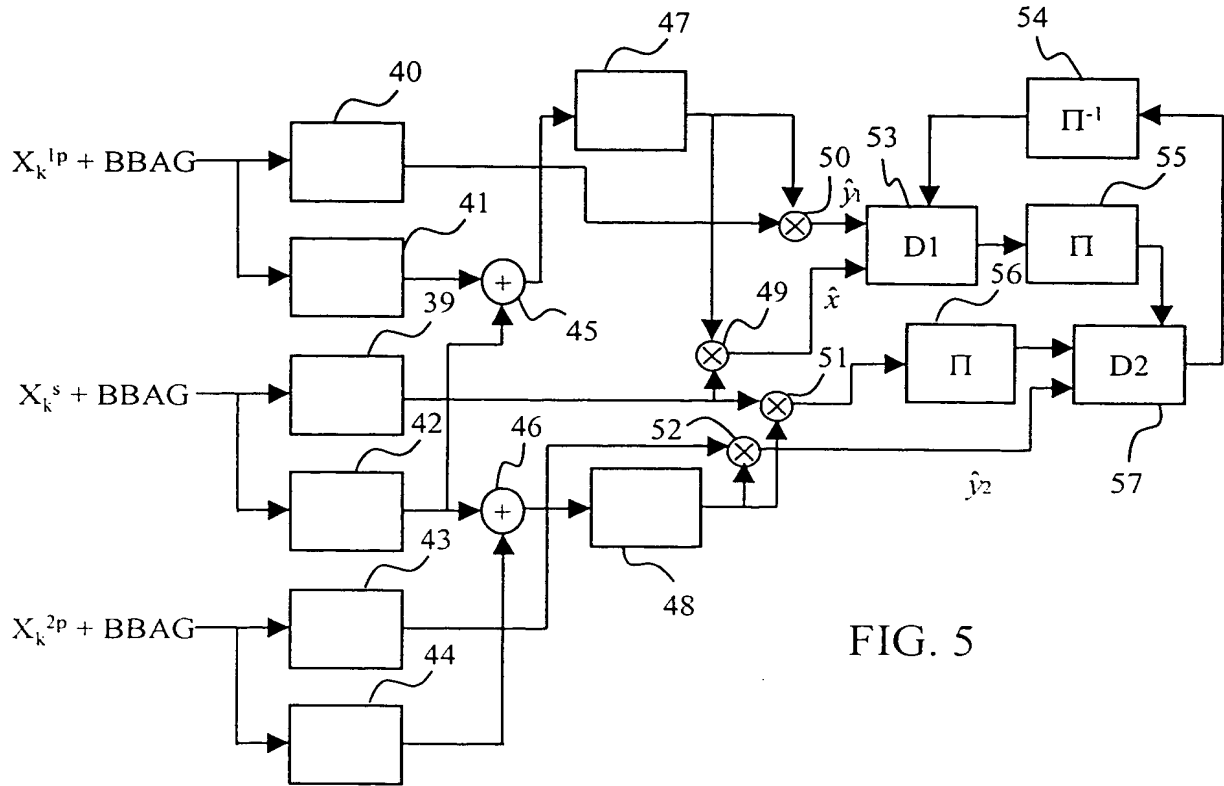


FIG. 5

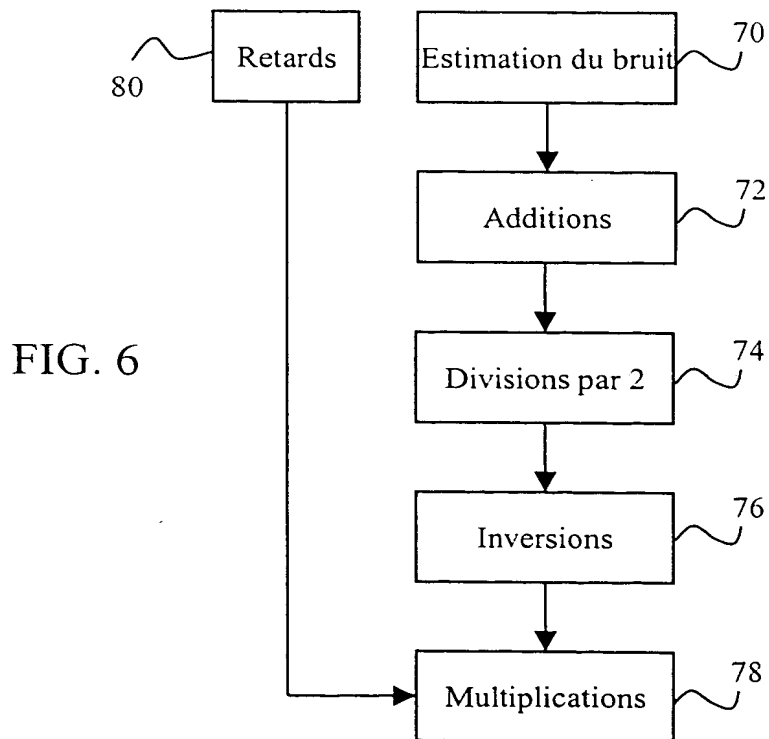


FIG. 6

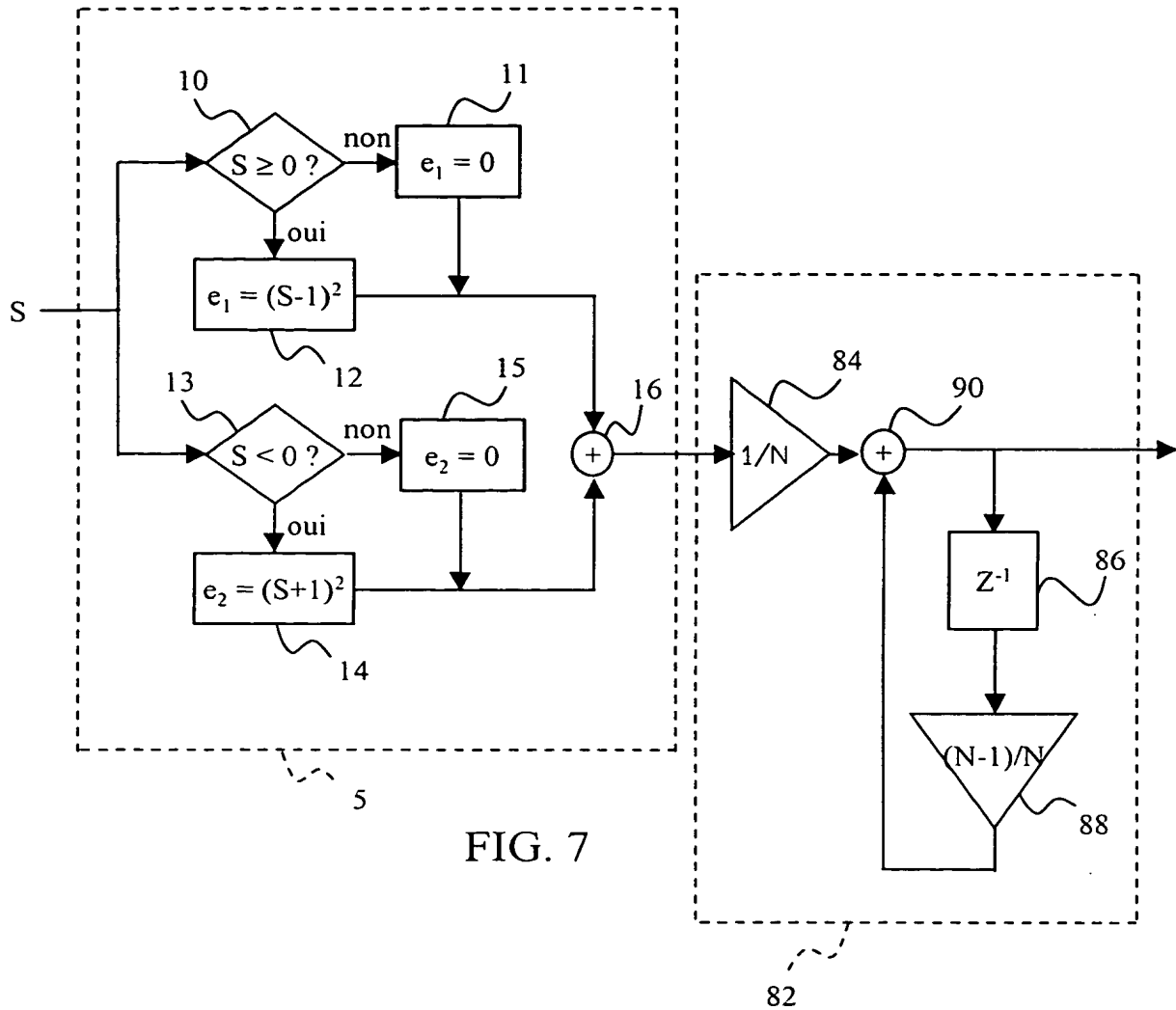


FIG. 7

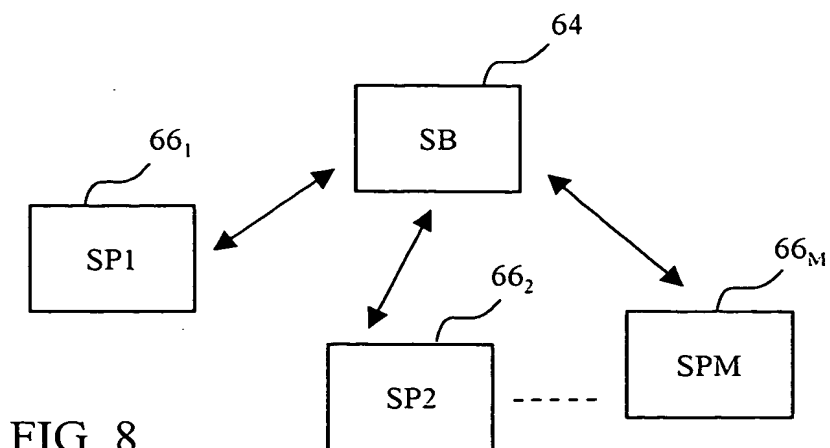


FIG. 8

